



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 197 32 376 C 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 B 11/14
G 01 C 11/30
G 01 C 3/24

⑳ Aktenzeichen: 197 32 376.6-52
㉔ Anmeldetag: 25. 7. 97
㉕ Offenlegungstag: -
㉖ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 2. 99

DE 197 32 376 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

㉘ Vertreter:
König, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52064 Aachen

㉙ Erfinder:
Tutsch, Rainer, Dr.-Ing., 80636 München, DE; Sowa,
Peter, Dipl.-Ing., 40470 Düsseldorf, DE; Pfeifer, Tilo,
Prof. Dr.-Ing., 52076 Aachen, DE

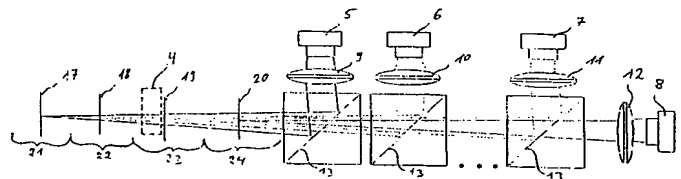
㉚ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DD 2 26 398 A1
US 51 65 063
US 45 85 349

DE-Z.: B. Morgenstern: Optisch-physikalische
Grenzen, in: Industrie-Anzeiger, 49/50,
1989, S. 22-24;

㉛ Verfahren und Vorrichtung zur Abstandsmessung nach dem Triangulationsprinzip

㉜ Es werden Verfahren und Vorrichtungen zur Abstandsmessung nach dem Triangulationsprinzip vorgestellt, bei denen mehrere Lichtquellen (5-8) eingesetzt werden, um den Meßbereich ohne Verlust an Meßgenauigkeit zu verlängern. Hierfür werden entlang einer Meßgeraden (16) mehrere Fokuspunkte mit Abstand zueinander erzeugt. Die einzelnen von den Lichtquellen (5-8) erzeugten Lichtanteile können separat ausgewertet werden. Hierzu kann ein einziger Detektor (15) verwendet werden, wenn die einzelnen Lichtanteile in ihrer Intensität moduliert sind. Für die Auswertung werden dann die von den einzelnen Lichtanteilen erzeugten Detektorsignalanteile durch eine frequenz- oder phasenselektive Filterung separiert.



DE 197 32 376 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abstandsmessung nach dem Triangulationsprinzip.

Es sind derartige Verfahren und hierfür geeignete Vorrichtungen bekannt, wobei zur Bestimmung des Abstands eines Meßpunkts von einem auf einer Meßgeraden liegenden Bezugspunkt zunächst das Licht einer Lichtquelle entlang der Meßgeraden in Richtung auf das Meßobjekt gerichtet wird. Der Lichtstrahl erzeugt auf dem Meßobjekt einen Meßlichtfleck, der über eine Abbildungsoptik auf einen positionsempfindlichen Detektor (Position Sensitive Detector, PSD) abgebildet wird. Der Ort der Abbildung auf dem Detektor wird festgestellt und hieraus der zu messende Abstand bestimmt.

Um eine möglichst genaue Abstandsbestimmung zu ermöglichen, sollte der Meßlichtfleck kleiner sein als die mittlere Korngröße des Materials des Meßobjekts. Dies führt bei technischen Oberflächen zur Forderung nach Meßlichtfleckdurchmessern von 10 µm oder kleiner. Es ist bekannt, hierfür den auf das Meßobjekt gerichteten Lichtstrahl auf einen Punkt der Meßgeraden zu fokussieren.

In der Regel wird zur Triangulation Laserlicht eingesetzt. Ein fokussiertes Laserstrahlbündel kann angenähert als Gaußscher Strahl betrachtet werden, bei dem zwischen dem Durchmesser des Fokusflecks, d. h. der Strahltaile, und dem Öffnungswinkel ein eindeutiger Zusammenhang besteht. Eine Verringerung des Fokusfleckdurchmessers bedingt demnach eine Vergrößerung des Öffnungswinkels. Ein größerer Öffnungswinkel bedeutet aber, daß der Meßlichtfleck auf dem Meßobjekt sich rasch vergrößert und damit die Meßgenauigkeit drastisch nachläßt, wenn sich das Meßobjekt aus dem Ort des Fokusflecks heraus bewegt. Bei großem Öffnungswinkel des eingesetzten Lichtbündels ist daher der nutzbare Meßbereich geringer als bei kleinem Öffnungswinkel. Andererseits muß ein möglichst geringer Fokusfleckdurchmesser angestrebt werden, um überhaupt eine akzeptable Meßgenauigkeit zu erreichen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Verfügung stellen, bei dem der Meßbereich dem Abstandsmessung ohne Nachteil – für die Meßgenauigkeit gegenüber dem Stand der Technik vergrößert ist.

Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß

- a) mindestens zwei Lichtquellen je eigene Lichtanteile mit von den übrigen Lichtanteilen unterscheidbarer Eigenschaft koaxial zur Meßgeraden auf das Meßobjekt richten,
- b) jeder Lichtanteil auf einen anderen Punkt der Meßgeraden fokussiert wird, so daß jeder Lichtanteil einen unterschiedlichen Fleckdurchmesser aufweisen den Meßlichtfleck auf dem Meßobjekt erzeugt,
- c) sämtliche Meßlichtflecken auf einen einzigen positionsempfindlichen Detektor abgebildet werden, der je nach Eigenschaft der Lichtanteile Detektorsignalanteile mit wiederum unterscheidbaren Eigenschaften erzeugt,
- d) die einzelnen Detektorsignalanteile gesondert erfaßt werden,
- e) festgestellt wird, welcher Lichtanteil zum geringsten Meßlichtfleckdurchmesser gehört, und
- f) der zu messende Abstand aus dem Detektorsignalanteil ermittelt wird, der von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.

Durch den Einsatz mehrerer Lichtquellen werden entlang der Meßgeraden mehrere jeweils zu einer der Lichtquellen gehörende Einzelmeßbereiche erzeugt. Werden die Lagen der einzelnen Fokuspunkte so gewählt, daß die Einzelmeßbereiche lückenlos aneinander anschließen, ergibt sich hieraus ein durchgehender Meßbereich, der entsprechend der Anzahl der Lichtquellen ein vielfaches länger ist als der Einzelmeßbereich einer einzigen Lichtquelle.

Die einzelnen Meßlichtflecken überlappen wegen der koaxialen Strahlführung einander konzentrisch auf dem Meßobjekt. Da jedoch zur endgültigen Abstandsbestimmung der kleinste Meßlichtfleck allein heranzuziehen ist, muß es zunächst ermöglicht werden, die durch die einzelnen Lichtanteile erzeugten Detektorsignalanteile separat auszuwerten. Dies kann dadurch erreicht werden, daß jeder Lichtanteil mit einer eigenen Frequenz in seiner Intensität moduliert wird und die Erfassung der einzelnen Detektorsignalanteile über eine elektronische frequenzselektive Filterung erfolgt.

Elektronische frequenzselektive Filterungen sind bekannt. Im vorliegenden Fall kann die Intensitätsmodulation der Lichtquelle und das Auslesen des Detektors zueinander synchronisiert werden, d. h. daß der Detektor von einer bestimmten Auswerteeinheit immer dann ausgelesen wird, wenn die Lichtintensität der zugeordneten Lichtquelle gerade eine bestimmte Phasenlage, beispielsweise das Intensitätsmaximum, aufweist. Derart können die durch die einzelnen Lichtanteile erzeugten Detektorsignalanteile, aus denen sich das über eine gewisse Zeit betrachtete Detektorsignal zusammensetzt, separat ausgewertet werden.

Das Verfahren kann auch so ausgeführt werden, daß sämtliche Lichtanteile mit derselben Frequenz und unterschiedlichen Phasenlagen in ihrer Intensität moduliert werden und die Erfassung der einzelnen Detektorsignalanteile über eine elektronische phasenselektive Filterung erfolgt.

Die phasenselektive Filterung wird ebenfalls durch die Synchronisation der Lichtanteile mit dem Auslesen des Detektors erreicht. Hier wird die Trennung der Detektorsignalanteile allein durch die unterschiedlichen Phasenlagen der jeweiligen Intensitätsmodulation erreicht.

Es ist vorteilhaft, das Verfahren so auszuführen, daß die frequenz- oder phasenselektive Filterung eine Look-In-Filterung ist.

Die vorgenannte Aufgabe wird des weiteren durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem zur Messung des entlang einer Meßgeraden gegebenen Abstands zwischen einem Bezugspunkt und einem Meßobjekt

- a) mindestens zwei Lichtquellen je eigene Lichtanteile mit unterschiedlicher Lichtfrequenz koaxial zur Meßgeraden auf das Meßobjekt richten,
- b) jeder Lichtanteil auf einen anderen Punkt der Meßgeraden fokussiert wird, so daß jeder Lichtanteil einen unterschiedlichen Fleckdurchmesser aufweisen den Meßlichtfleck auf dem Meßobjekt erzeugt,
- c) im Strahlengang nach dem Meßobjekt das Licht mittels optischer Filterung in die einzelnen Lichtanteile getrennt wird,
- d) der Meßlichtfleck jedes Lichtanteils auf je einen gesonderten, ein Detektorsignal erzeugenden, positionsempfindlichen Detektor abgebildet wird,
- e) festgestellt wird, welcher Lichtanteil zum geringsten Meßlichtfleckdurchmesser gehört, und
- f) der zu messende Abstand aus dem Detektorsignal ermittelt wird, das von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.

Dieses Verfahren unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen Verfahren dadurch, daß die einzelnen Lichtan-

teile jeweils auf eigene Detektoren geführt und folglich vor Auftreffen auf dem Detektor voneinander separiert werden. Hierdurch erübrigt sich eine elektronische Filterung der einzelnen Detektorsignalanteile.

Die vorgenannte Aufgabe wird gelöst mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art, umfassend

- a) mindestens zwei, je eigene Lichtanteile mit unterschiedlicher Lichtfrequenz erzeugende Lichtquellen,
- b) Mittel zur coaxialen Ausrichtung aller Lichtanteile längs einer Meßgeraden und zur Fokussierung der einzelnen Lichtanteile auf je unterschiedliche Punkte der Meßgeraden,
- c) im Strahlengang nach dem Meßobjekt Mittel zur Trennung der einzelnen Lichtanteile, und für jeden Lichtanteil eine eigene Abbildungsoptik zur Abbildung jedes durch einen der Lichtanteile auf einem Meßobjekt erzeugten Meßlichtflecks auf jeweils einen positionsempfindlichen, ein Detektorsignal erzeugenden Detektor,
- d) Mittel zur Auswertung der einzelnen Detektorsignale,
- e) eine Logikeinheit zur Ermittlung des den Meßlichtfleck mit dem geringsten Fleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteils und
- f) Mittel zur Ermittlung des zu messenden Abstandes aus dem Detektorsignal, das von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.

Bei der Logikeinheit kann es sich beispielsweise um eine einfache datenverarbeitende Einheit handeln, in der in einer Tabelle festgelegt ist, welche Lichtquelle für welchen Einzelmeßbereich zuständig ist. Da die Meßgenauigkeit aller Lichtquellen in der Regel ausreicht, zu bestimmen, in welchem Einzelmeßbereich sich das Meßobjekt befindet, kann die Logikeinheit entscheiden, welcher Lichtanteil zur endgültigen und genauesten Bestimmung des zu messenden Abstandes ausgewertet wird.

Es ist vorteilhaft, die erfindungsgemäße Vorrichtung so auszubilden, daß die Mittel zur Trennung der einzelnen Lichtanteile optische Filter sind.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird des weiteren gelöst durch eine Vorrichtung, umfassend

- a) mindestens zwei, je eigene Lichtanteile mit von den übrigen Lichtanteilen unterscheidbarer Eigenschaft erzeugende Lichtquellen,
- b) Mittel zur coaxialen Ausrichtung aller Lichtanteile längs einer Meßgeraden und zur Fokussierung der einzelnen Lichtanteile auf je unterschiedliche Punkte der Meßgeraden,
- c) eine Abbildungsoptik zur Abbildung sämtlicher durch jeweils einen der Lichtanteile auf einem Meßobjekt erzeugter Meßlichtflecke auf einen positionsempfindlichen Detektor, der je nach Eigenschaft der Lichtanteile Detektorsignalanteile mit wiederum unterscheidbarer Eigenschaften erzeugt,
- d) Mittel zur gesonderten Erfassung der einzelnen Detektorsignalanteile,
- e) eine Logikeinheit zur Ermittlung des den Meßlichtfleck mit geringsten Fleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteils und
- f) Mittel zur Ermittlung des zu messenden Abstandes aus dem Detektorsignal, das von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.

Es ist vorteilhaft, auch die nur einen Detektor umfassende Vorrichtung so auszubilden, daß jeder Lichtanteil eine eigene Lichtfrequenz aufweist. Diese Maßnahme wirkt sich insbesondere dann vorteilhaft aus, wenn die Vorrichtung so ausgebildet wird, daß für sämtliche Lichtanteile eine einzige Fokussieroptik mit chromatischer Aberration vorgesehen ist.

In diesem Fall erübrigen sich weitere Fokussieroptiken, da die chromatische Aberration der einzigen Fokussieroptik für die unterschiedlichen Fokuslagen der einzelnen Lichtanteile sorgt. Hierfür müssen lediglich die von den Lichtquellen ausgehenden Lichtanteile coaxial auf die Fokussieroptik mit chromatischer Aberration geführt werden.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen können aber auch so ausgebildet sein, daß im Strahlengang jedes Lichtanteils unmittelbar hinter der Lichtquelle eine eigene Fokussieroptik angeordnet ist.

Vorteilhaft können die erfindungsgemäßen Vorrichtungen auch so ausgebildet sein, daß die Mittel zur coaxialen Ausrichtung aller Lichtanteile mindestens einen Strahlteiler umfassen.

Bei der Verwendung von Strahlteilern ist es insbesondere vorteilhaft, die Vorrichtung so auszubilden, daß jeder Strahlteiler einen dichroitischen Filter umfaßt. Hierdurch kann erreicht werden, daß bei Einsatz unterschiedlicher Lichtfrequenzen die Strahlungsverluste an den einzelnen Strahlteilern drastisch erniedrigt werden können. Mit den dichroitischen Filtern können die Strahlteiler so gestaltet werden, daß sie bis zu einer bestimmten Grenzfrequenz nahezu vollständig transmissiv sind, während sie für höhere Lichtfrequenzen nahezu vollständig reflektieren. In diesem Fall müssen hintereinander angeordnete Strahlteiler in der Reihenfolge vom ersten, dem Meßobjekt nächsten Strahlteiler zum letzten sinkende Grenzfrequenzen aufweisen, so daß jeder Strahlteiler nur für eine bestimmte Lichtquelle reflektierend und für alle anderen transmissiv ist. Jedoch können die Strahlteiler auch so gestaltet werden, daß sie unterhalb der Grenzfrequenz reflektierend sind. In diesem Falle müssen die hintereinander angeordneten Strahlteiler in der vorgenannten Reihenfolge steigende Grenzfrequenzen aufweisen.

Schließlich kann die Vorrichtung auch so ausgebildet sein, daß der Abstand zwischen zwei benachbarten Fokuspunkten derart gewählt ist, daß zwischen den Fokuspunkten ein lückenloser Meßbereich gewährleistet ist.

Im folgenden werden anhand von Figuren eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens und eine bevorzugte Ausbildungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben.

In schematischer Darstellung zeigen

Fig. 1 eine Triangulationsvorrichtung und ein Meßobjekt,

Fig. 2 eine lichterzeugende Einheit und

Fig. 3 einen positionsempfindlichen Detektor mit Abbildungen von Meßlichtpunkten.

Die Triangulationsvorrichtung **1** (**Fig. 1**) umfaßt eine lichterzeugende Einheit **2**, mit der das erzeugte Licht durch einen Lichtaustritt **3** hindurch auf ein Meßobjekt **4** gerichtet ist. In der lichterzeugenden Einheit **2** befinden sich als Lichtquellen vier Laserdioden **5** bis **8** (**Fig. 2**), deren Licht über Fokussieroptiken **9** bis **12** und Strahlteiler **13** coaxial auf das Meßobjekt **4** gerichtet ist. Der Lichtanteil jeder Laserdiode **5** bis **8** erzeugt auf der Oberfläche des Meßobjekts **4** einen in den **Fig. 1** und **2** nicht dargestellten Meßlichtfleck. Da die Strahlung coaxial auf das Meßobjekt **4** gerichtet ist, überdecken diese Meßlichtpunkte einander konzentrisch.

Die Meßlichtpunkte werden mittels einer Abbildungsoptik **14** (**Fig. 1**) auf einen positionsempfindlichen Detektor **15** (Position Sensitive Detector, PSD) abgebildet. Die in **Fig. 1**

dargestellte Neigung des Detektors 15 gegen den Abbildungsstrahlengang genügt der Scheimpflugbedingung, damit im gesamten Meßbereich der Abstandsmessung eine scharfe Abbildung der Meßlichtflecken erzielt werden kann.

Zur hochgenauen Ermittlung des entlang einer Meßgeraden 16 ermittelnden Abstands zwischen einem Bezugspunkt, z. B. Lichtaustritt 3 und dem die Meßlichtflecken aufweisenden Ort der Oberfläche des Meßobjekts 4 sollte der Durchmesser des zur Bestimmung des Abstands maßgeblichen Meßlichtflecks kleiner sein als die mittlere Korngröße des Materials des Meßobjekts 4. Zur Minimierung der Meßlichtfleckdurchmesser ist die aus der lichterzeugenden Einheit 2 austretende Strahlung mittels der Fokussieroptiken 9–12 fokussiert. Die in jeweiligen Fokuslagen 17–20 der einzelnen Lichtanteile sind Strahlungsrichtung hintereinander angeordnet. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Fokuslagen 1 und 2 bzw. 2 und 3 bzw. 3 und 4 ist so gewählt, daß den Laserdioden 5, 6, 7 und 8 zugeordnete, eine gewünschte Meßgenauigkeit ermöglichende Einzelmeßbereiche 21, 22, 23 bzw. 24 aneinander anschließen und sich daraus ein Gesamtmeßbereich ergibt, der etwa die vierfache Länge eines Einzelmeßbereichs 21, 22, 23 oder 24 aufweist.

Wie schon weiter oben dargestellt, werden die von den einzelnen Lichtanteilen konzentrisch auf dem Meßobjekt 4 erzeugten Meßlichtflecken auf den Detektor 15 abgebildet. Somit überlappen sich auch die Abbildungen der einzelnen Meßlichtflecken konzentrisch auf dem Detektor. In Fig. 3 ist mit der Kreisfläche 25 die Fleckgröße des kleinsten Meßlichtflecks zu einem bestimmten Meßzeitpunkt wiedergegeben. Um diese Kreisfläche herum ist ein den Durchmesser der optischen Abbildung des größten Meßlichtflecks darstellender Kranz 26 gezeigt.

Jede Abbildung eines der Meßlichtflecken erzeugt einen eigenen Detektorsignalanteil, der separat auswertbar sein muß. Hierzu werden die Lichtanteile jeder Laserdiode 5, 6, 7, 8 in der Intensität mit einer eigenen bestimmten Frequenz moduliert. Der Detektor 15 wird für jeden Lichtanteil von einer separaten, hier nicht dargestellten Auswerteeinheit ausgelesen, wobei die einer bestimmten Laserdiode zugeordnete Auswerteeinheit den Detektor mit einer der Intensitätsmodulation entsprechenden Frequenz ausliest und zwar möglichst im Bereich der Intensitätsmaxima.

Die Synchronisation des Auswertevorgangs mit der entsprechenden Intensitätsmodulation erfolgt über ein Lock-In-Verfahren. Es können jedoch auch andere elektronische frequenzselektive Filtermethoden zur Auswertung des Detektors 15 eingesetzt werden.

Somit ist gewährleistet, daß der Lichtanteil jeder Laserdiode 5, 6, 7 und 8 separat zur Abstandsbestimmung ausgewertet werden kann. Bei der Messung des zu ermittelnden Abstandes liefert jeder Lichtanteil einen je nach Durchmesser des zugehörigen Meßlichtflecks mehr oder weniger genauen Wert, der jedenfalls ausreicht, festzustellen, in welchem Einzelmeßbereich 21, 22, 23 oder 24 sich das Meßobjekt 4 zu einem bestimmten Zeitpunkt befindet. Im Beispiel gem. Fig. 3 befindet sich das Meßobjekt 4 im Einzelmeßbereich 23. Durch eine Auswertelogik, deren gegenständliche Verwirklichung hier nicht dargestellt ist, wird dann der für diesen Einzelmeßbereich 23 zuständige, von der Laserdiode 7 stammende Lichtanteil zur endgültigen Bestimmung des zu messenden Abstandes herangezogen. Damit ist gewährleistet, daß stets der Meßlichtfleck mit dem kleinsten Durchmesser ausgewertet wird.

Bezugszeichenliste

- 1 Triangulationsvorrichtung
- 2 lichterzeugende Einheit

- 3 Lichtaustritt
- 4 Meßobjekt
- 5 Laserdiode
- 6 Laserdiode
- 7 Laserdiode
- 8 Laserdiode
- 9 Fokussieroptik
- 10 Fokussieroptik
- 11 Fokussieroptik
- 12 Fokussieroptik
- 13 Strahlteiler
- 14 Abbildungsoptik
- 15 Detektor
- 16 Meßgerade
- 17 Fokuslage
- 18 Fokuslage
- 19 Fokuslage
- 20 Fokuslage
- 21 Einzelmeßbereich
- 22 Einzelmeßbereich
- 23 Einzelmeßbereich
- 24 Einzelmeßbereich
- 25 Kreisfläche des kleinsten Meßlichtflecks
- 26 Kranz mit Durchmesser des größten Meßlichtflecks

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abstandsmessung nach dem Triangulationsprinzip, bei dem zur Messung des entlang einer Meßgeraden (16) gegebenen Abstands zwischen einem Bezugspunkt und einem Meßobjekt (4)
 - a) mindestens zwei Lichtquellen (5–8) je eigene Lichtanteile mit von den übrigen Lichtanteilen unterscheidbarer Eigenschaft coaxial zur Meßgeraden (16) auf das Meßobjekt (4) richten,
 - b) jeder Lichtanteil auf einen anderen Punkt der Meßgeraden (16) fokussiert wird, so daß jeder Lichtanteil einen einen unterschiedlichen Fleckdurchmesser aufweisenden Meßlichtfleck auf dem Meßobjekt (4) erzeugt,
 - c) sämtliche Meßlichtflecken auf einen einzigen positionsempfindlichen Detektor (15) abgebildet werden, der je nach Eigenschaft der Lichtanteile Detektorsignalanteile mit wiederum unterscheidbaren Eigenschaften erzeugt,
 - d) die einzelnen Detektorsignalanteile gesondert erfaßt werden,
 - e) festgestellt wird, welcher Lichtanteil zum geringsten Meßlichtfleckdurchmesser gehört, und
 - f) der zu messende Abstand aus dem Detektorsignalanteil ermittelt wird, der von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Lichtanteil mit einer eigenen Frequenz in seiner Intensität moduliert wird und die Erfassung der einzelnen Detektorsignalanteile über eine elektronische frequenzselektive Filterung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Lichtanteile mit derselben Frequenz und unterschiedlichen Phasenlagen in ihrer Intensität moduliert werden und die Erfassung der einzelnen Detektorsignalanteile über eine elektronische phasenselektive Filterung erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die frequenz- oder phasenselektive Filterung eine Lock-In-Filterung ist.
5. Verfahren zur Abstandsmessung nach dem Triangu-

lationsprinzip, bei dem zur Messung des entlang einer Meßgeraden (16) gegebenen Abstands zwischen einem Bezugspunkt und einem Meßobjekt (4)

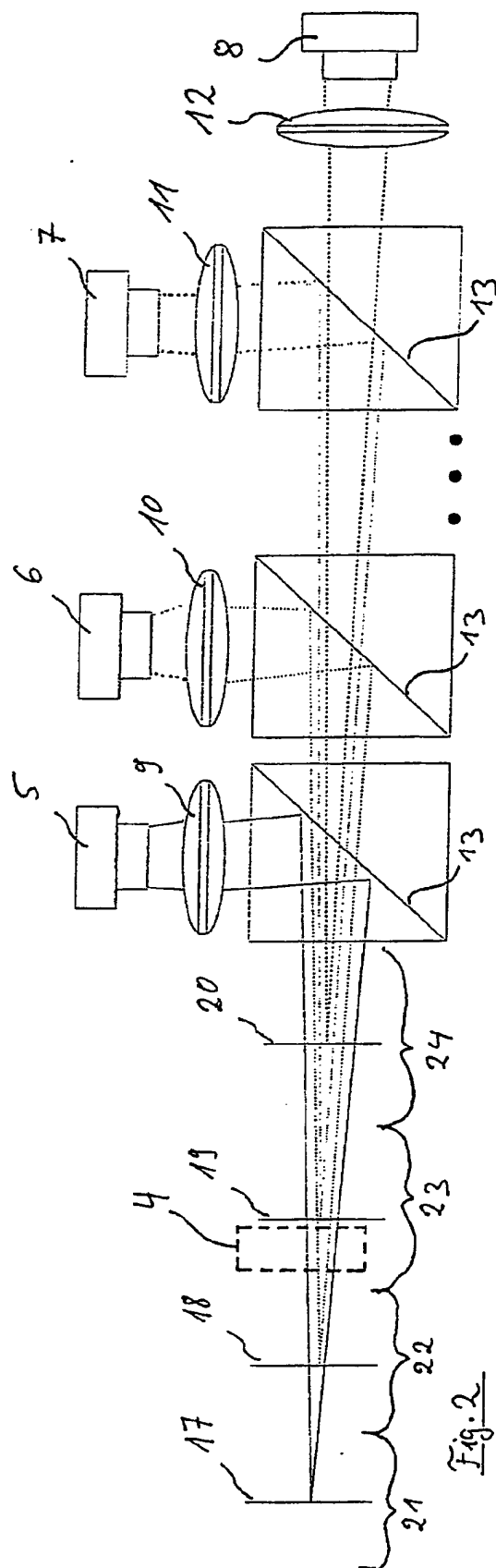
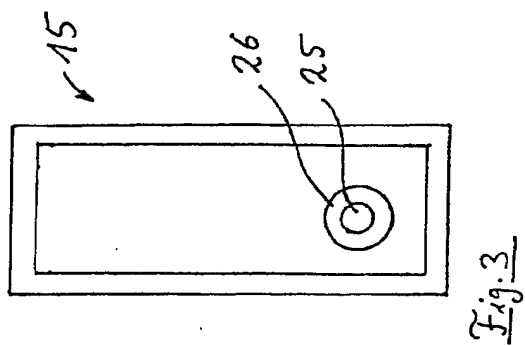
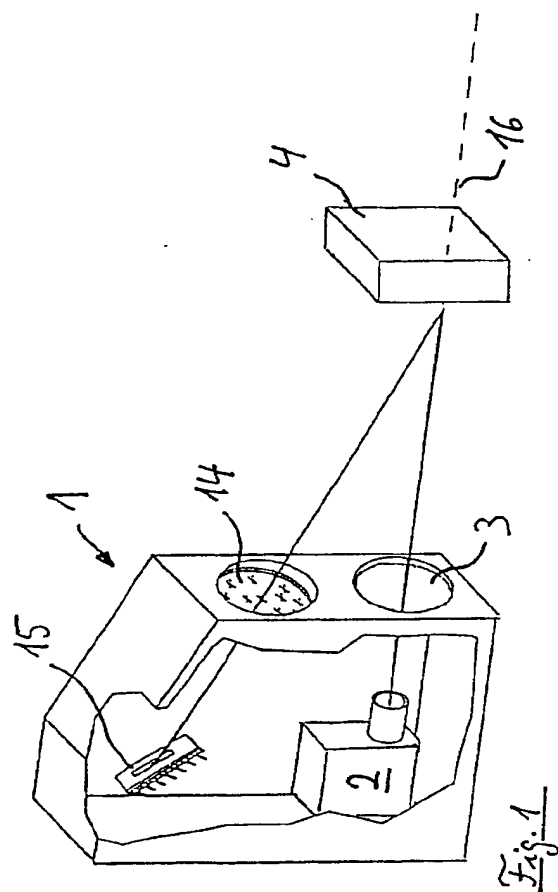
- a) mindestens zwei Lichtquellen (5-8) je eigene Lichtanteile mit unterschiedlicher Lichtfrequenz coaxial zur Meßgeraden (16) auf das Meßobjekt (4) richten,
 - b) jeder Lichtanteil auf einen anderen Punkt der Meßgeraden (16) fokussiert wird, so daß jeder Lichtanteil einen unterschiedlichen Fleckdurchmesser aufweisenden Meßlichtfleck auf dem Meßobjekt (4) erzeugt,
 - c) im Strahlengang nach dem Meßobjekt (4) das Licht mittels optischer Filterung in die einzelnen Lichtanteile getrennt wird,
 - d) der Meßlichtfleck jedes Lichtanteils auf je einen gesonderten, ein Detektorsignal erzeugenden, positionsempfindlichen Detektor (15) abgebildet wird,
 - e) festgestellt wird, welcher Lichtanteil zum geringsten Meßlichtfleckdurchmesser gehört, und
 - f) der zu messende Abstand aus dem Detektorsignal ermittelt wird, das von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.
6. Vorrichtung zur Abstandsmessung nach dem Triangulationsprinzip, umfassend
- a) mindestens zwei, je eigene Lichtanteile mit unterschiedlicher Lichtfrequenz erzeugende Lichtquellen (5-8),
 - b) Mittel (9-13) zur coaxialen Ausrichtung aller Lichtanteile längs einer Meßgeraden (16) und zur Fokussierung der einzelnen Lichtanteile auf je unterschiedliche Punkte der Meßgeraden,
 - c) im Strahlengang nach dem Meßobjekt Mittel zur Trennung der einzelnen Lichtanteile und für jeden Lichtanteil eine eigene Abbildungsoptik zur Abbildung jedes durch einen der Lichtanteile auf einem Meßobjekt (4) erzeugten Meßlichtflecks auf jeweils einen positionsempfindlichen, ein Detektorsignal erzeugenden Detektor (15),
 - d) Mittel zur Auswertung der einzelnen Detektorsignale,
 - e) eine Logikeinheit zur Ermittlung des den Meßlichtfleck mit dem geringsten Fleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteils, und
 - f) Mittel zur Ermittlung des zu messenden Abstandes aus dem Detektorsignal, das von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Trennung der einzelnen Lichtanteile optische Filter sind.
8. Vorrichtung zur Abstandsmessung nach dem Triangulationsprinzip, umfassend
- a) mindestens zwei, je eigene Lichtanteile mit von den übrigen Lichtanteilen unterscheidbarer Eigenschaft erzeugende Lichtquellen (5-8),
 - b) Mittel (9-13) zur coaxialen Ausrichtung aller Lichtanteile längs einer Meßgeraden und zur Fokussierung der einzelnen Lichtanteile auf je unterschiedliche Punkte der Meßgeraden,
 - c) eine Abbildungsoptik (14) zur Abbildung sämtlicher durch jeweils einen der Lichtanteile auf einem Meßobjekt (4) erzeugter Meßlichtflecke auf einen positionsempfindlichen Detektor (15), der je nach Eigenschaft der Lichtanteile Detektorsignalanteile mit wiederum unterscheidba-

ren Eigenschaften erzeugt,

- d) Mittel zur gesonderten Erfassung der einzelnen Detektorsignalanteile,
 - e) eine Logikeinheit zur Ermittlung des den Meßlichtfleck mit dem geringsten Fleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteils, und
 - f) Mittel zur Ermittlung des zu messenden Abstandes aus dem Detektorsignal, das von dem den geringsten Meßlichtfleckdurchmesser erzeugenden Lichtanteil bewirkt ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Lichtanteil eine eigene Lichtfrequenz aufweist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß für sämtliche Lichtanteile eine einzige Fokussieroptik mit chromatischer Aberration vorgesehen ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang jedes Lichtanteils unmittelbar hinter der Lichtquelle eine eigene Fokussieroptik (9-12) angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur coaxialen Ausrichtung aller Lichtanteile mindestens einen Strahlteiler (13) umfassen.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Strahlteiler (13) einen dichroitischen Filter umfaßt.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen zwei benachbarten Fokuspunkten (17-20) derart gewählt ist, daß zwischen den Fokuspunkten (17-20) ein lückenloser Meßbereich gewährleistet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY